

化学实验室“教考联动”安全教育体系构建与实践

梁文仪, 张弛, 方宇昕, 林美玉, 段雅倩, 沈颂章, 苏娟*

军事药学国家级实验教学示范中心(海军军医大学), 上海 200433

摘要: 实验室安全是实践教学、科研活动顺利开展的重要前提。目前我国化学实验室安全事故时有发生, 反映出安全宣传教育碎片化、表层化、边缘化等问题, 加强实验室人员安全教育势在必行。在分析实验室安全教育现状的基础上, 从安全理论教学、安全实践教学、安全教育考核三个层面构建“教考联动”的化学实验室安全教育体系, 推进常态化、多样化、全程化安全教育, 有效提升了学生的安全素质, 创造了和谐的校园环境, 为其他高校实验室安全教育提供了借鉴。

关键词: 实验室安全; 实践教学; 教育体系; 安全教育

中图分类号: G64; O6; X925

Construction and Practice of a Safety Education System on “Teaching-Examination Linkage” in Chemical Laboratories

Wenyi Liang, Chi Zhang, Yuxin Fang, Meiyu Lin, Yaqian Duan, Songzhang Shen, Juan Su*

National Experimental Teaching Demonstration Center for Military Pharmacy, Naval Medical University, Shanghai 200433, China.

Abstract: Laboratory safety is an important prerequisite for the effective conduct of practical teaching and scientific research activities. At present, the safety accidents of chemical laboratory in China occur frequently, reflecting the safety education was fragmented, superficial, and marginalized. It is imperative to strengthen safety education for laboratory personnel. This paper analyzes the current state of safety education in laboratories and proposes a safety education system based on “teaching-examination linkage” structured around three key components: safety theory instruction, safety practice training, and safety education assessment. This approach facilitates regular, diversified, and whole-process safety education, significantly enhancing students' safety awareness and competency, fostering a harmonious campus environment, and providing a valuable reference for laboratory safety education in other colleges and universities.

Key Words: Laboratory safety; Practical teaching; Education system; Safety education

高校实验室是学生进行实验学习、科研训练、实战竞赛的主要场所, 是培养高素质人才的重要基地^[1]。实验室安全一直是保证师生人身安全、教研工作有序进行的基本需要^[2]。近年来, 教育部对高校实验室安全建设提出具体要求和明确规定, 先后出台了一系列文件和法规, 包括《教育部办公厅关于加强高校教学实验室安全工作的通知》《关于加强高校实验室安全工作的意见》《教育系统安全专项整治三年行动实施方案》《关于开展加强高校实验室安全专项行动的通知》和《高等学校实验室安全规范》。要求各地各校树牢安全发展观念, 持续开展安全教育, 加强知识能力培训, 做到安全教育的“入脑入心”, 达到“教育一个学生、带动一个家庭、影响整个社会”的目的^[3,4]。

收稿: 2024-04-22; 录用: 2024-08-15; 网络发表: 2024-08-19

*通讯作者, Email: juansu_2008@126.com

基金资助: 海军军医大学药理学系教学成果培育项目(TS202308)

化学实验室涉及大量危险化学品、仪器设备、电气机械、废弃物等,安全隐患分布广,常发生一些危害较大的事故^[5],如2021年10月江苏某大学材料化学实验室爆炸起火,造成2人死亡,9人受伤;2022年4月湖南某大学材料科学与工程学院发生铝粉爆燃,造成1名学生全身大面积烧伤^[3,4]。这些惨痛的事故给国家财产、社会安定、家庭幸福带来消极的影响。对近十年化学实验室安全事故进行梳理,发现人的不安全行为是事故发生的主要原因,反映出高校实验室安全教育仍存在薄弱环节,加强安全培训刻不容缓^[6,7]。

军事药学国家级实验教学示范中心(海军军医大学)(后文简称“中心”)面向我校药学、中药学、生物技术、医学等10个本科专业开设化学实验课程20门,年均实验人时数近4万。另外,中心承担的大学生创新实践孵化课题、毕业设计、化学实验技能竞赛等活动日趋广泛,安全隐患增多,守住实验室安全红线愈发责任重大。为此,中心将实验室安全工作作为重大的政治任务来抓,经过多年的教学探索,形成了常态化、多样化、全程化“教考联动”化学实验室安全教育体系。该体系的实施为实验室的高效安全运行和人才培养质量的提高奠定了基础,相关经验能为其他高校实验室安全教育提供参考。

1 化学实验室安全教育现状分析

随着我国科技创新和高等教育事业的飞速发展,高等院校学生人数不断增加,实验室规模不断扩大,其承担的教学和科研任务也日益增多,实验室安全问题越发凸显。近年来,国内许多高校对实验室安全的重视程度不断提升,完善实验室软硬件设施和安全管理机制,开设实验室安全课程作为必修课,丰富安全教育内容、建设安全教育考试培训系统、营造良好的实验室安全文化,提出了多种实验室安全教育新理念、新策略并进行探索实践^[7-10]。这些举措对提高实验室安全教育效果具有积极的意义。

化学类实验室相较于生物、机电等实验室,安全事故发生数目最多^[11],这暴露出实验室安全教育依然存在薄弱环节。目前我国多数高校实验室安全课程仍以理论讲解为主,消防应急逃生演练、实验室安全事故模拟等实践教学占比仍有待提高,这导致学生对危险感知较弱,面对突发事件时不能积极地采取有效措施^[12]。此外,不同专业开展的实验项目所用到的仪器设备、试剂药品、水电气等存在明显差异,通识性的化学实验室安全教育缺乏针对性,当前多数高校安全教育尚不能根据不同专业的实际情况做到“因人制宜”^[13]。安全教育评价主要检验学生对安全知识、安全操作技能和事故应急处置等的掌握程度。在目前的安全教育评价中,多数高校以理论考试的方式进行,对学生安全实践能力的考核和长期动态的考核稍显不足,实验室安全教育评价体系仍有待进一步完善^[14,15]。

2 化学实验室“教考联动”安全教育体系的构建

化学实验室安全知识涉及化学品、防火防爆、用水用电、废弃物回收、事故防范处理等诸多方面。规范、科学、系统地构筑化学实验室安全教育体系,开展“全员、全程、全方位”的教育培训,才能真正提升学生的安全素养,提高人才培养质量,推动平安校园建设。为此,军事药学国家级实验教学示范中心建立“教考联动”的化学实验室安全教育体系,从安全理论教学、安全实践教学、安全教育考核三个维度开展实践探索(图1)。

2.1 常态化安全理论教学

化学实验安全教育的内容相对复杂。为提升教育实质,我校根据医药学生的特点及其参与的化学实验活动确定教学内容,包括实验室安全基础、化学品安全、消防安全、电气安全、仪器设备使用安全、个人防护与应急处理、废弃物处理等,实现全方位的理论教学。在教学活动实施过程中,使用混合式教学模式。由教务处、安保处、资产处和安全管理经验丰富的教师组成教学团队,课前通过“雨课堂”平台发布课件、微课,学生根据预习任务结合自身学习目标进行自主探索(图2A)。教师根据平台留痕数据,针对重点、难点、易错点加大课堂讲解力度,加深学生印象。

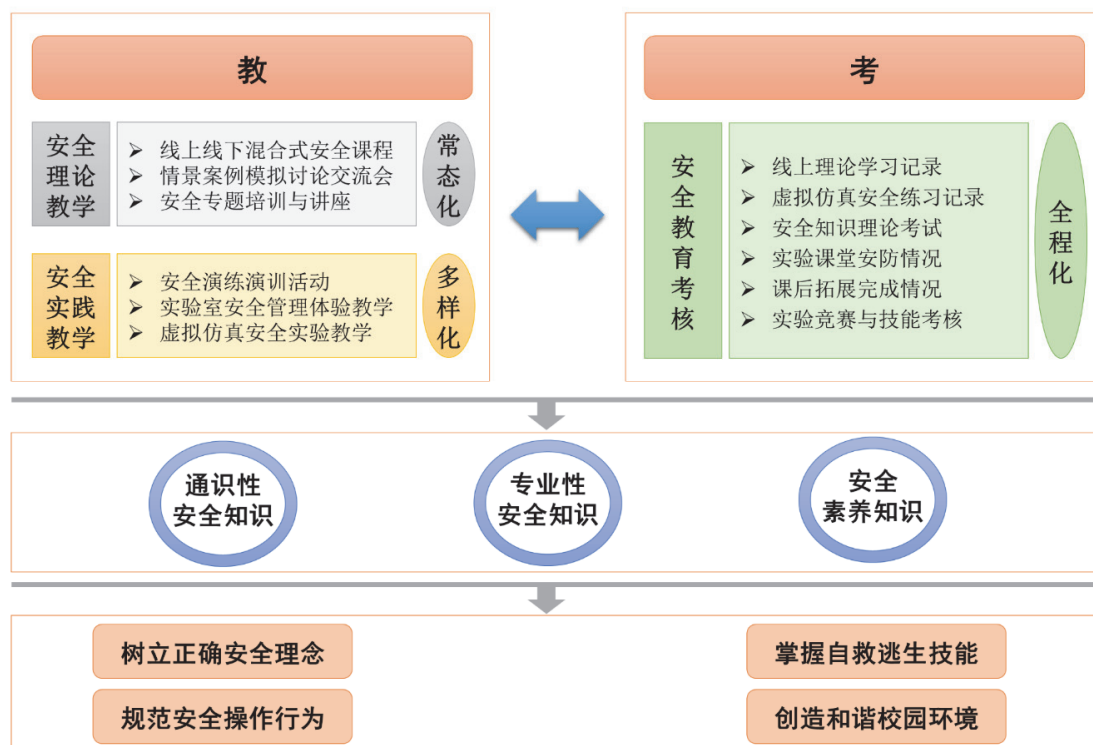


图1 “教考联动”化学实验室安全教育体系框架图

为使安全观念“入脑入心”，在授课结束后，教师设置拓展主题，要求学生采用小组协作的方式，搜集高校化学实验室典型安全事故案例，梳理事故关键信息，讨论并制定应急处置方案。随后举办交流会，汇报方案并模拟现场情景进行应急处理，同学对案例进行讨论交流。最后，教师引导学生整理事故各环节的逻辑关系，示范正确防护操作，将安全知识点融入推演过程，改善知识内容零散化、表层化现象。例如，在完成安全理论教学内容后，以“12·26”北京交通大学市政与环境工程实验室较大爆炸事故为案例进行推演。小组组长介绍事故现场的布局环境及事发时实验项目情况，成员进行角色扮演并“还原”事故发生经过，推演自己的行为可能带来的危险后果，如磷酸与镁粉发生反应能释放大量氢气(易燃易爆气体)、搅拌机高速长时间使用易产生火花等；教师进一步引导学生提出关键环节的处理措施，回顾危化品安全管理与使用制度、燃爆紧急防护等相关安全知识(图2B)。

此外，我校将实验室安全管理制度、学生实验室守则、仪器操作规程、事故应急处理措施等规章制度汇编成册并上传信息化平台，供学生随时查阅。学校还定期组织校外安全方面的资深专家开展教育讲座和培训，帮助学生了解前沿的安全防护知识和技术，提升其综合安全水平。通过以上“线上线下、引导探索”教学模式的开展，提高化学实验室安全教育的高阶性和挑战度，实现了学生安全思维的创新训练，最终树立起“我要安全、安全为我”的安全观。

2.2 多样化安全实践教学

安全教育必须将实践放在与理论同样重要的位置上，避免纸上谈兵。高质量的安全实践训练能够提高学生的自我保护能力、问题解决技能、组织协调能力及心理素质，有效遏制事故的发生和扩大^[16,17]。

学校组织学生开展火灾紧急处理、疏散逃生实训、实验室安全事故应急处置等演练活动(图3A)。火灾紧急处理和自救逃生实训时，要求学生熟练掌握灭火毯、干粉灭火器、紧急喷淋装置和消防栓的使用方法，能利用湿毛巾或衣物掩住口鼻，俯身按照火灾现场逃生要求有序快速撤离，以积极心

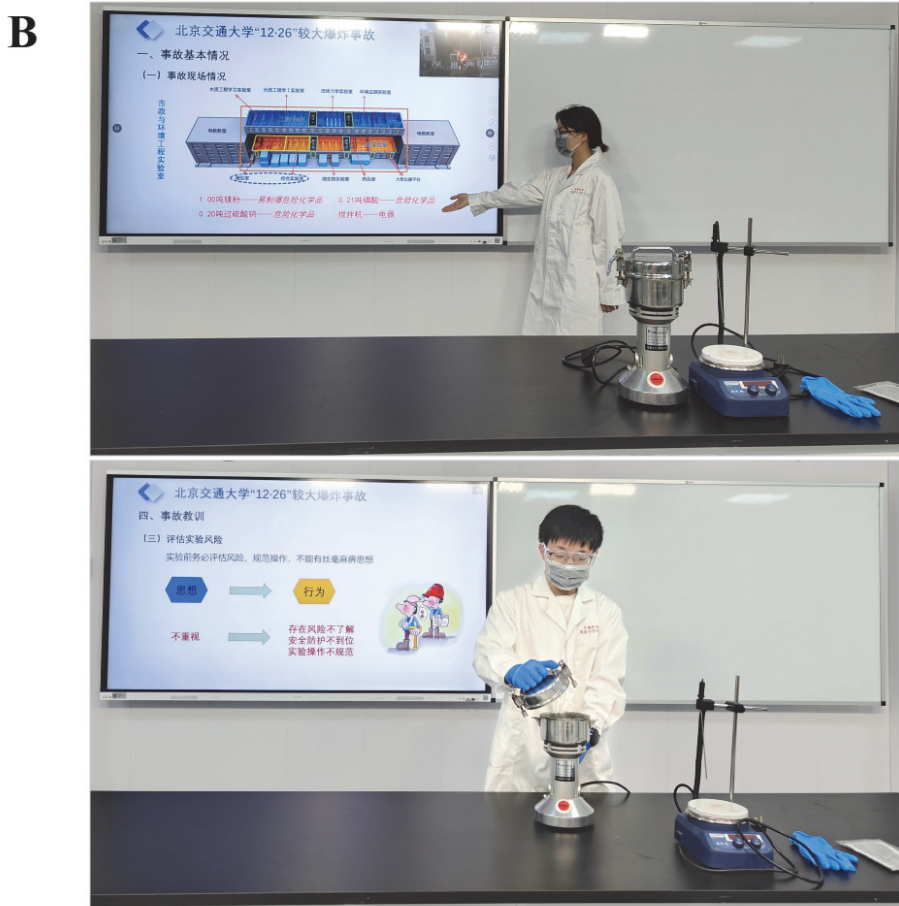


图2 安全理论教学环节

(A) 混合式安全教育平台展示(雨课堂、微课); (B) 情景案例模拟讨论交流会

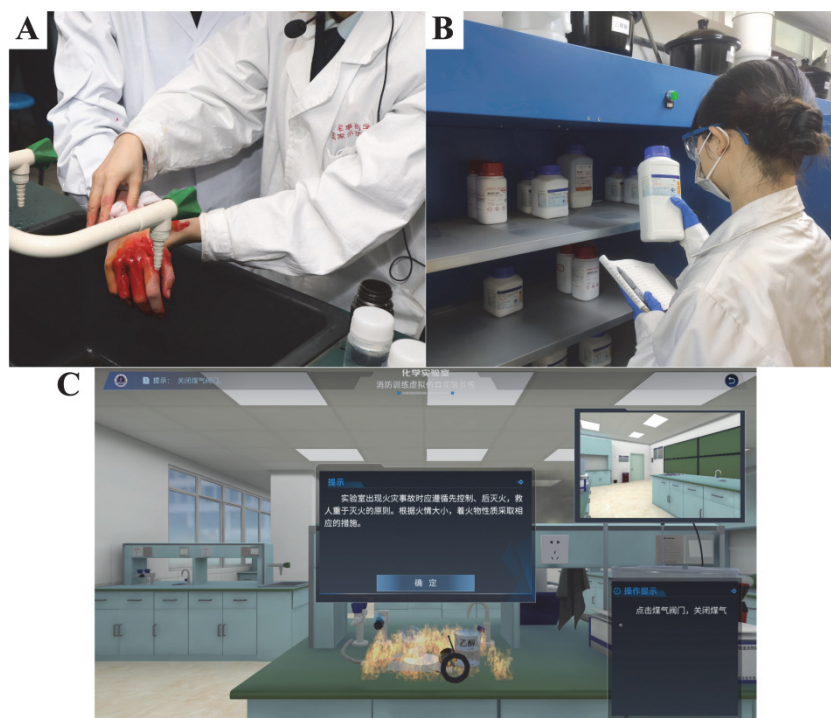


图3 安全实践教学环节

(A) 玻璃割伤应急处理演练; (B) 化学实验室安全管理体验; (C) 易燃试剂着火虚拟仿真训练

态寻找生机、创造生机,做到小火能灭、大火逃生并报警。实验室安全事故应急处置演练主要从玻璃仪器碎裂、仪器短路触电、化学试剂泄露、高压装置爆炸、有毒气体泄漏、高温烫伤等方面展开,要求学生面对意外事故保持冷静,快速反应,按照预定方案实施紧急处理。

实验室安全检查是发现安全隐患、实现事故预防的重要环节。学校开展实验室安全管理体验教学,组织学生参与实验室安全大巡检,查找安全隐患并拍照,填写检查项目记录表,利用所学知识提出整改意见,调动学生参与实验室安全管理的积极性,激发其主动思考能力,形成安全观念认同感,进而提高安全教育的质量和效果(图3B)。此外,学生需定期参加化学实验室组织的危险废物回收活动,采用规定容器盛装危险化学废物,按照废物性质,贴好相应标签并填写主要成分、数量、危险情况等信息,分类摆放,协助负责教师交于处理公司处置。在此过程中,进一步增强学生对实验室废物危害的认识,培养其安全环保意识。

虚拟仿真技术能真实还原事故现场,模拟事故发生,已被我校引入实验室安全教育。触电急救、危化品污染、火灾水灾等安全事故现场实训危险性和局限性较大,该技术为这些线下不能实现的教学内容开辟了一条新途径。目前,我校建成了“化学实验室消防训练虚拟系统”“贵重精密仪器消防训练虚拟系统”等项目,涉及楼宇环境、人员着装穿戴、逃生自救、易燃物和电气短路灭火等多个模块,使安全知识和技能的学习更加趣味化(图3C)。平时学生利用便利的网络和碎片化时间,自主进行操作练习,身临其境感受灾难的可怕,培养其处理危机和紧急事态的能力。

2.3 全程化安全教育考核

安全教育具有常态化的特点,需长时间跟进并对学生学习效果进行全过程评价。以考促学、以考促教的考核理念能推动“学”与“教”的良性循环,进而稳步提升化学实验室安全教育的质量。

我校按照人才培养计划,为药学、中药学本科生开设“化学实验室安全”必修考查课,共40学时,计1学分。课程紧抓学生刚入校、毕业前等关键节点,开展为期4学年的安全教育并实施全过程考评。整个安全教育考核满分为100分,由线上/线下理论学习记录(15%)、虚拟仿真实验学习记录

(15%)、安全知识理论考试(30%)、实验课堂安防情况(20%)、课后拓展完成情况(10%)、实验竞赛与技能考核(10%)六方面组成(图4)。

线下安全理论教学在新生入学后的1个月内开展,通过课堂学习表现进行评估。线上理论学习、虚拟仿真安全练习、安全考试同样要求在入学1个月内利用“实验室安全培训考试系统”进行^[18]。该系统搭载资源中心、练习中心、虚拟仿真中心、考试中心,学生可点击学习,系统自动记录时长和完成情况,并有习题供学生自我检测、查缺补漏、巩固学习效果;学生准备充分后可参加考试,系统随机生成试卷,成绩90分以上为合格,获得参加之后实验教学活动的资格。其中,线下/线上理论学习记录、虚仿安全练习记录、安全理论考试分别占课程总成绩的15%、15%、30%。

实验课堂实操防护训练贯穿学生大一到大四整个化学实验课程学习过程,依托普通化学实验(上)、普通化学实验(下)、药物化学实验、中药化学实验、综合化学实验等课程开展。教师从实验室仪器设备、安全防护用具、废弃物处理、实验室用水用电用气等方面对学生的安全知识和技能进行课堂观察考核,占课程总成绩的20%。此外,安全演练、体验式安全管理、事故情景模拟交流会等课后拓展活动的参与度也被纳入平时考评的范畴,教师从参与度及完成情况两方面进行评价,占课程总成绩的10%。通过以上持续性安全教育与评价,激发学生学习源动力,促进其安全意识转化为安全行为,为继续深造和走向岗位奠定良好的基础。

化学实验竞赛和毕业技能考核分别在学生大三和 大四第二学期开展。教师利用竞赛任务具有挑战性、对抗性的特点,将实验室安全知识融入比赛中,如安全标示牌归位、实验室垃圾大分类、急救包扎、应急喷淋洗眼等。通过比赛充分激发学生的求知欲和活跃度,提升其运用安全理论知识解决综合问题的能力。该部分占课程总成绩的10%。

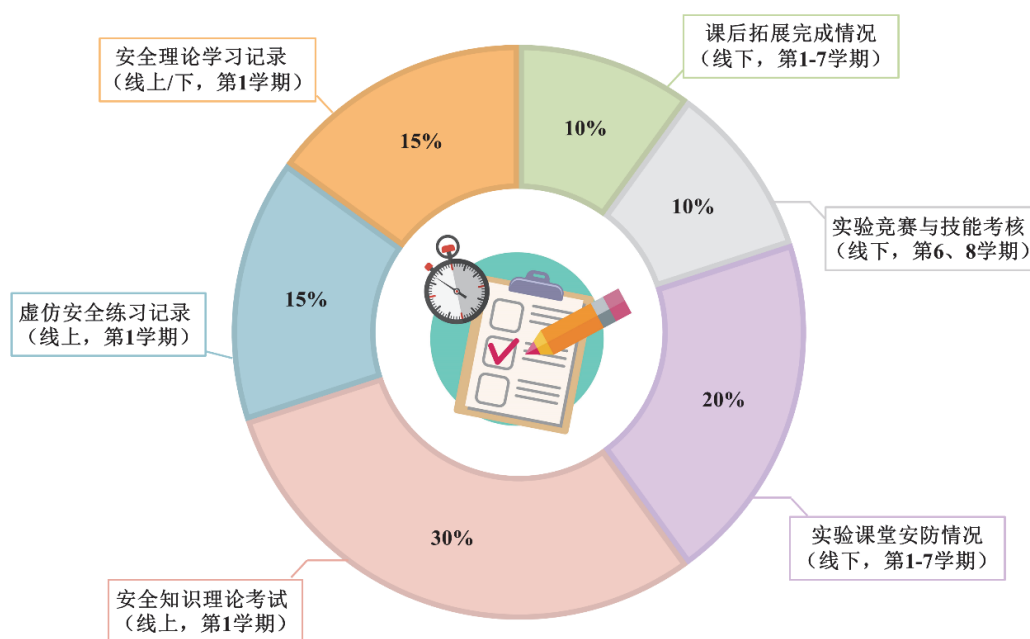


图4 安全教育全程化评价

3 化学实验室“教考联动”安全教育体系的实施效果

该教育体系已在2018级、2019级药学、中药学本科生安全教育课程中得到完整运用。我们发现这些学生的安全考核成绩显著提升,且不论在实验课堂,还是科研创新训练,或是本科毕业设计中,不规范的实验操作明显减少,个人防护更加积极、专业,面对玻璃碎片割伤、酸碱灼伤、试剂倾洒等小型事故能沉着应对,表现出良好的安全意识和安全素质。

团队针对此教学体系开展问卷调查,对收集到的83份有效问卷进行数据分析。结果显示,91%的学生认为这种模式更有利于激发对安全问题的关注;90%的学生认为自己对安全知识的掌握更加扎实,学习过程体验感好,收获较多;88%的学生认为自身面对突发事件能力增强,安全技能得到明显提升;93%的学生认为自己的安全意识、环保意识得到了培养;92%的学生希望继续采用该体系学习实验室安全知识和技能;82%的学生希望增加虚拟仿真项目的数量。以上结果表明化学实验室“教考联动”安全教育体系对学生安全素养的全面提高具有积极的作用,可作为模板进行推广应用。此外,教学团队后续将不断丰富线上教学资源,为学生提供更多的实践机会,提升安全教育的质量。

4 结语

实验室安全教育对于提高师生安全素养、保证实验教学安全稳定具有重要意义。当前我国多数实验室安全教育仍偏向理论教学,实战实训略显不足、评价方式不够全面,影响了教学效果和人才培养质量。化学实验室“教考联动”安全教育体系将理论教学与实践教学有机结合,注重教师的引导作用,充分调动学生的探索性、创新性,通过多样化的实践训练促进安全理论和技能的掌握,采用多指标安全教学考核,以考促学,激发学生学习热情,达到课程高阶性和挑战度的统一。该体系的构建与实施确保了我校教学科研工作井然有序,创造了安全和谐的校园环境,为创新型人才的培养创造了条件。

实验室安全教育是一项复杂、系统的任务,不是一朝一夕能够完成的,必须常抓不懈、不断积累、与时俱进。如何从学生发展出发,坚持以人为本,做好“全员、全程、全面”的安全教育,是我们每个教育工作者应该深入思考的重要课题。

参 考 文 献

- [1] 朱敏,王耿,白艳红. 实验室科学, **2023**, 26 (5), 183.
- [2] 高敏. 实验室研究与探索, **2023**, 42 (3), 304.
- [3] 教育部关于加强高校实验室安全工作的意见. [2024-08-16]. https://www.gov.cn/zhengce/zhengceku/2019-10/23/content_5444020.htm
- [4] 教育部办公厅关于开展加强高校实验室安全专项行动的通知. [2024-08-16]. https://www.gov.cn/zhengce/zhengceku/2022-01/04/content_5666309.htm
- [5] 黄林玉,陈倩,黄成,王跃,邹晓川. 安全与环境工程, **2018**, 25 (3), 150.
- [6] 阮代锁,周骏宏. 实验科学与技术, **2022**, 20 (6), 156.
- [7] 龚良玉,王杰,王强,杜丰玉,徐鲁斌,徐香,潘维,王修中,尹莉,李元君. 大学化学, **2023**, 38 (10), 280.
- [8] 张安胜,彭华松. 实验室研究与探索, **2022**, 41 (10), 307.
- [9] 朱臻,窦小刚. 实验技术与管理, **2020**, 37 (4), 1.
- [10] 柳荫,陆慧丽,张玮玮,柴成文,袁文霞,常璐璐,郭丽芳. 大学化学, **2023**, 38 (12), 242.
- [11] 高建村,葛君,张人友,武司苑. 实验技术与管理, **2023**, 40 (2), 205.
- [12] 孟兆磊,白亮,马庆,赵雨霄. 实验技术与管理, **2023**, 40 (S1), 49.
- [13] 陈亮,戴灵豪,关旻,王辉. 实验室研究与探索, **2022**, 41 (2), 286.
- [14] 马庆,任康康. 科教导刊, **2023**, No. 36, 148.
- [15] 查国清,徐亚妮,徐文杰,刘铃泽. 中国安全生产科学技术, **2023**, 19 (8), 199.
- [16] 虞俊超,宁信,王满意,张锐,渠晖,张金,孙骞. 实验技术与管理, **2020**, 37 (12), 295.
- [17] 李召虎,王为东,刘宇昊,韩明哲,魏灵灵,焦桓. 大学化学, **2024**, 39 (10), 128.
- [18] 方宇昕,高越,林美玉,沈颂章,段雅倩,张弛,苏娟. 广州化工, **2021**, 49 (8), 214.